

자동 계란선별기의 卵重測定 정밀도 향상에 관한 기초연구

Basic Studies on Improvement of Egg's Weight Measurement of Automatic Egg Sorting System

복진삼* 김기대* 서일환* 추창환*
정회원 정회원 정회원 정회원
J. S. Bok K. D. Kim I. H. Seo C. H. Choo

1. 서론

일반적으로 계란의 등급은 품질에 의한 등급과 무게에 의한 등급의 두 가지로 구분되며 계란의 등급 판정시 이 두 가지 등급을 동시에 적용하고 있다. 양계농가에서 계란의 선별을 위해 처음에는 저울추의 힘에 의하여 측정하는 기계식 계란선별기를 사용하였으나, 오늘날에는 난중측정오차가 거의 없는 로드셀과 컴퓨터 제어, 계측에 의해 고속선별이 가능하도록 자동 계란선별기를 이용하고 있다. 이 자동 계란선별기는 기존의 방식에 비하여 신속성과 정확성의 큰 장점을 갖고 있다. 그러나 국내 계란선별기 제조업체에서는 卵重測定 오차가 $\pm 0.3 \sim 0.5g$, 외국업체에서는 $\pm 0.1g$ 이라고 제품을 선전하고 있으나, 양계농가에서 실제 측정시 큰 오차를 보여 농가의 막대한 경제적 손실을 초래하고 있는 것이 현실이다.

자동 계란선별기의 卵重측정부인 로드셀은 민감한 하중센서로서 계란선별기 자체의 기계적 진동, 전기, 전자적 노이즈 및 온도변화와 같은 외부적 환경에 영향을 받아 卵重측정시 오차가 발생하기 때문인 것으로 사료된다. 이 卵重측정용 로드셀은 대부분 국내에서 개발된 것이 외국산에 비해 저가이기 때문에 선별기 제조회사에서 많이 이용하고 있으나, 정밀도가 외국산에 비해 떨어져서 일부 선별기 제조업체는 卵重측정 정밀도를 향상시키기 위해서 고가임에도 불구하고 로드셀을 외국에서 수입해 이용하고 있는 것이 실정이다.

그러므로 卵重측정시 발생하는 오차를 줄임으로서 정밀도를 향상시키고 계란선별기 제조 생산비를 줄일 뿐만아니라 양계농가의 경제성을 높이기 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구는 자동 계란선별기의 卵重측정 정밀도 향상을 위한 기초연구로서 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 계란선별기 卵重측정부의 진동량을 측정·분석한다.
- 2) 진동량과 卵重값의 상관관계를 구명한다.
- 3) 로드셀의 부착방향과 개수에 따른 卵重을 측정하여 비교·분석하는데 있다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험에서의 공시재료는 2000년 1월 5일 충청남도 공주시 공주농업고등학교 부설농장에 소재한 양계장에서 자동 계란선별기로 선별된 중란, 대란, 왕란, 특란의 4종류가 사용되었다.

나. 실험장치

(1) 시스템의 측도설정(Calibration)

현재 대부분의 양계농가에 보급되어 있는 이송 체인식 자동 계란선별기의 卵重측정은 계란이 이송중에 로드셀에 의해 무게가 측정되므로 卵重측정부의 진동량을 측정하기 위해서는 가속도계의 동적 캘리브레이션(Dynamic Calibration)이 필요하다고 사료되었다. 그러므로 단순 조화 운동(Simple Harmonic Motion)을 하는 스카치-요크 시스템(Scotch-Yoke System)을 구성하여 컴퓨터 시뮬레이션의 예측값과 가속도계를 이용하여 측정한 결과값을 비교, 분석하였다. 그림 1은 가속도계의 동적 캘리브레이션을 위한 전체적인 시스템 구성을 나타내고, 그림 2는 스카치-요크 시스템을 나타낸 것이다. 동적 캘리브레이션 측정장치는 X, Y, Z의 각각의 가속도를 측정할 수 있는 3축 가속도계(Three Axial Accelerometer), 브릿지 박스(Bridge Box), 증폭기(Amplifier), 데이터 레코더(Data Recorder), A/D 변환기(A/D Converter) 등으로 구성되었다. 표 1은 실험장치의 제원을 나타낸 것이다.

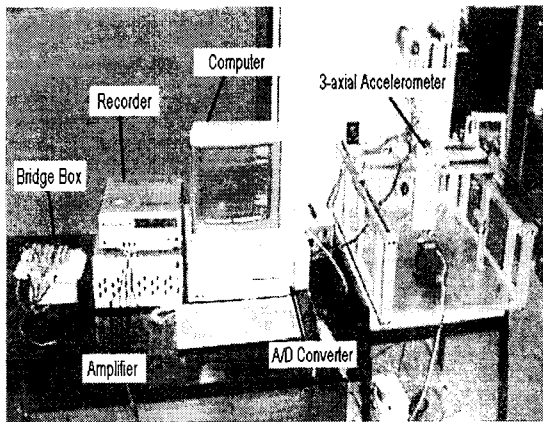


Fig. 1. Experimental Device for Dynamic Calibration

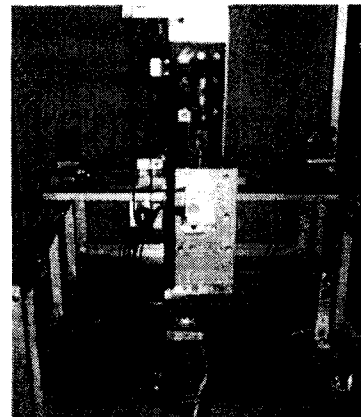


Fig. 2. Scotch-Yoke System

Table 1. Specification of Experiment System

Item	Model	Maker
Accelerometer	BA - 10LT	SHINKOH
Bridge Box	BX - 100	TEAC
Amplifier	SA - 55	TEAC
Data Recorder	RD-130TE	TEAC
A/D Converter	ANALOG - PRO	CANOPUS

(2) 자동 계란선별기의 난중측정부 진동측정

자동 계란선별기의 卵重측정부 진동량을 측정하기 위하여 그림 3과 같이 3축 가속도계의 X방향은 슬레노이드에 의해서 계란이 선별되는 방향으로 정하고, 송란체인에 의해 계란이 이송되는 방향을 Y방향으로 정하였으며, 자동 계란선별기를 지지하는 축의 방향을 Z방향으로 설정하여 卵重측정부인 로드셀의 옆에 부착하였다.

자동 계란 선별기의 卵重측정부의 진동량을 측정하기에 앞서 卵重측정을 위한 측도설정을 하였다.

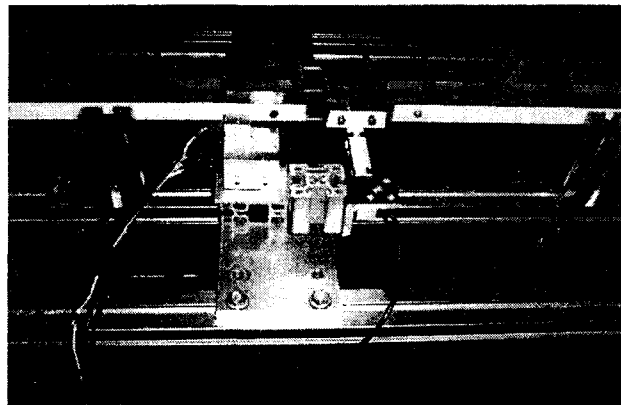


Fig. 3. The attachment location of Accelerometer

다. 실험방법

1) 측도설정(Calibration)

그림 2와 같이 모터가 시계 반대방향으로 회전운동을 할 때, 아크릴판과 알루미늄판으로 구성된 슬라이더가 상하 직선운동을 하도록 스카치-요크 시스템을 구성하고 그 위에 3축 가속도계를 설치하여 진동량을 분석하였다. 실제의 계측값과 이론값과의 비교, 분석을 위해서 다음과 같은 이론식에 의해 가속도값을 구할 수 있었다. 자동 계란 선별기의 卵重측정부의 진동량을 측정하기에 앞서서 우선 卵重측정을 위한 측도설정을 하여 무게와 정격출력값 (Output Voltage)과의 상관관계를 알아보았다.

$$S = R\omega \cos \omega t \text{ (mm)} \tag{1}$$

$$V = -R\omega \sin \omega t \text{ (mm/sec)} \tag{2}$$

$$A = R\omega^2 \cos \omega t \text{ (mm/sec}^2\text{)} \tag{3}$$

여기서, $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ (S : 변위, V : 속도, A : 가속도, R : 로울러의 회전반경,

ω : 각속도, n : 모터의 회전속도(rpm))

이 시스템에 이용된 가속도계는 각각 $\pm 10G$ 의 정격용량을 갖고 1(V)당 2113/2000(mV)의

정격출력을 나타냈다. 이 가속도에 인가전압을 2.5V로 가하고, 증폭비를 4000배로 하였을 경우 10G는 다음의 계산식에 의해 10.565V의 출력값을 얻을 수 있었다.

$$10G \Rightarrow 2113/2000(\text{mV/V}) \times 2.5V \times 4,000 \times 1/1000(\text{mV/V}) = 10.565V \quad (4)$$

(3)식에 의해 가속도 값을 구하여 G값으로 환산하고, (4)식을 이용하여 다음과 같은 비례식(5)에 의해 예측값(Expected Output Voltage)을 구할 수 있었다.

$$10G : 10.565V = \text{Acceleration} : \text{Output Voltage} \quad (5)$$

이상의 (1), (2), (3), (4), (5)식을 바탕으로 이론식에 의한 예측값을 구하고, 가속도계를 이용하여 계측값과의 비교, 분석을 통하여 동적 캘리브레이션을 하였고, 이를 바탕으로 가속도계를 자동 계란선별기의 卵重측정부에 부착시켜 卵重측정시 발생하는 진동량을 측정하였다.

계란의 무게에 의한 등급결정은 크게 경란, 소란, 중란, 대란, 특란, 왕란 등의 6등급으로 나누어서 결정하고 있다. 계란 무게가 42g이하의 계란을 경란, 70g이상의 무게를 갖는 계란을 왕란이라 한다.

그러므로 卵重측정을 위한 측도설정을 위해서 40g, 50g, 60g, 70g, 80g의 추를 이용하여 정격출력값과의 상관 관계를 분석하였다.

2) 卵重 측정부의 진동량 측정

자동 계란선별기 卵重측정부의 진동량을 측정하기 위해서 우선 선별기의 정지상태에서의 진동량을 측정하였고, 그 다음으로 계란의 이송속도에 따른 진동량을 측정하였다.

계란의 이송속도는 시간당 6000개, 8000개, 10,000개, 12000개, 14000개의 선별속도로서 저속에서 고속으로 선별할 때 각각의 진동량을 분석하고 또한 계란을 선별할 때와 선별을 하지 않았을 때의 X축방향, Y축방향, Z축방향의 진동량을 측정하여 비교, 분석하였다. 계란은 중란, 대란, 특란, 왕란 등의 등급을 가진 계란을 이용하여 각각 10번씩 반복 실험을 하여 평균치로서 값을 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

동적 캘리브레이션을 하기 위해서 구성된 스카치-요우크 시스템의 로울러의 회전 반경은 44.2mm이다. 이 시스템을 이용하여 모터의 회전속도가 33rpm일 때 (3), (5)식에 의해서 0.114V의 정격출력값을 구할 수 있었고, 가속도계를 이용하여 계측한 정격출력값은 0.112V 값을 나타내어 두 값이 거의 일치함을 알 수 있었다. 그림 4는 이론식에 의한 값과 계측해서 얻어진 값을 비교, 분석한 것이다.

卵重측정을 위한 측도설정한 결과값은 그림 5와 같이 결정계수(Determination Coefficient)가 0.9993으로서 거의 일직선에 가까운 아주 높은 상관관계로 나타냈다.

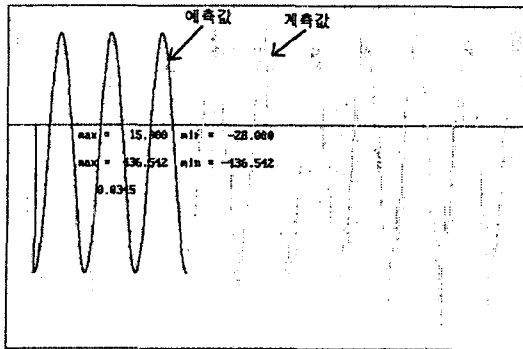


Fig.4. Comparison of Expected Value and Measured Value

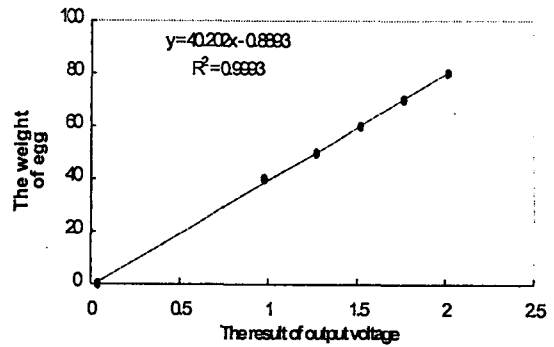


Fig.5. Calibration of eggs weight measuring part in Egg Sorting System

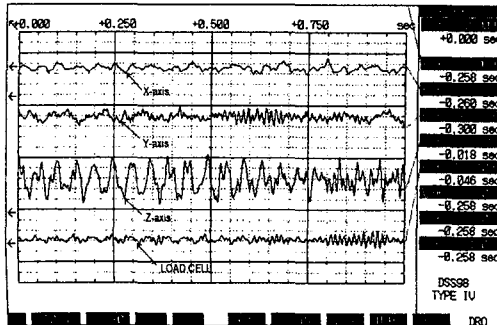


Fig. 6. Relationships between vibration and sorting speed when eggs aren't being sorted.

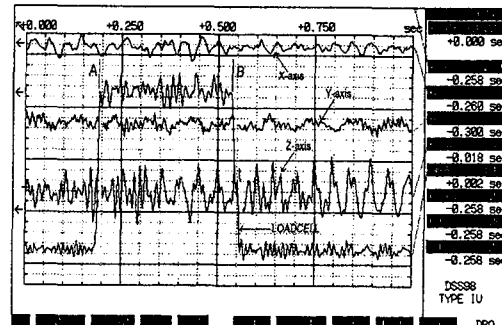
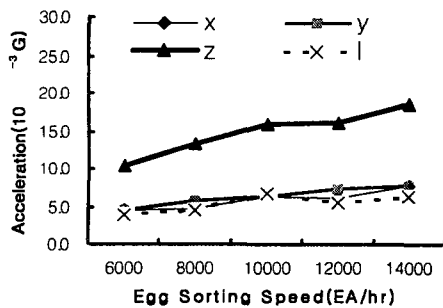
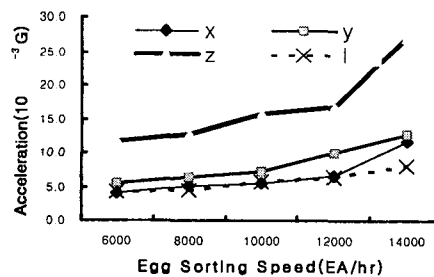


Fig. 7. Relationships between vibration and sorting speed when eggs are being sorted.

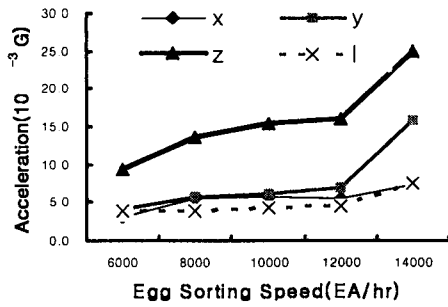
동적 캘리브레이션의 결과값을 바탕으로 3축 가속도계를 卵重측정부에 부착하여 계란의 선별속도 변화에 따른 X, Y, Z방향 각각의 진동량을 측정하였다. 그림 6은 계란 선별속도가 시간당 10,000개 속도로 계란이 없을 때의 진동변화이고, 그림 7은 같은 선별속도로서 계란이 로드셀 위를 지나갈 때의 진동변화이다.



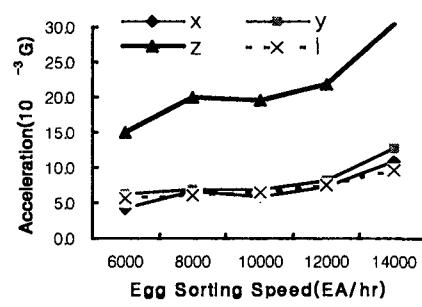
(a) 51.6g



(b) 57.6g



(c) 67.5g



(d) 71.2g

Fig. 8. Relationships between vibration and sorting speed of four eggs

이때 X방향에서 진동값이 $5.68 \times 10^{-3}G$, Y방향에서 $6.15 \times 10^{-3}G$, Z방향에서 $15.38 \times 10^{-3}G$ 로서 Z방향의 진동량이 상대적으로 크게 나타났다. 그림 8은 각각 계란의 무게가 51.6g, 57.6g, 67.5g, 71.2g의 등급별 계란이 로드셀위에서 이송될 때 그림 7의 A-B구간에서 측정된 각각의 진동값을 나타낸 것으로 선별속도에 따라 Z방향의 진동이 X, Y방향보다 상대적으로 진동량이 커지는 것을 알 수 있었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 자동 계란선별기의 卵重측정 정밀도를 향상시키기 위한 기초연구로서 난중측정부의 진동을 측정, 분석하였다.

卵重측정부의 진동량 측정을 위한 방법으로 가속도계의 캘리브레이션을 하기 위해서 단순 조화운동을 하는 스카치-요크 시스템을 구성하여 동적 캘리브레이션을 실시하였다. 컴퓨터 시뮬레이션의 이론값과 가속도계를 이용한 계측값이 일치하였고, 이에 따라 자동 계란선별기의 卵重측정부에 가속도계를 부착하여 진동량을 분석하였다.

3축 가속도계를 이용하여 卵重측정부의 각각의 진동량을 측정한 결과 일반적으로 양계농가에서 사용되는 자동 계란선별기의 선별속도가 시간당 10,000개일 경우 X, Y, Z축의 진동량이 각각 $5.68 \times 10^{-3}G$, $6.15 \times 10^{-3}G$, $15.38 \times 10^{-3}G$ 로서 Z방향의 진동값이 X, Y방향보다 상대적으로 크다는 것을 알 수 있었다.

그러므로 진동의 영향을 적게 받는 방향으로 로드셀의 부착 위치를 설정하거나, 2개의 로드셀을 응용하여 卵重을 측정한다면, 계란선별기의 기계적 진동에 의해 발생하는 오차를 최소화시킬 수 있어 卵重측정의 정밀도를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

- 1) 서일환. 1998. 파란의 기계적 분리 시스템의 개발. 충남대학교 석사학위논문
- 2) 송진희. 1997. 세란·선별·자동포장기는 어떻게 선택할 것인가?. 월간 양계 2 : 74-77
- 3) 조한근외 10인. 1998. 자동 검란 시스템의 핵심기술 개발. 농림부
- 4) 허임숙. 1996. 계란등급 개선 필요하다. 현대양계 11: 97-99
- 5) Stadelma, W, J. and O. j. Cotterill. 1977. Egg science and technology. AVI Pub. Co. 29-64
- 6) Well, R. G. and C. G. Belyavin. 1987. Egg quality - current problems and recent advances. poultry Sci. Sympo. 20:131-156.
- 7) Kimmel, E., K. Peleg and S. Hinga. 1992. Vibration models of spheroidal fruits. J. Agric. Engng Res. 53: 201-213
- 8) Yong, Y. C. and W. K. Bilanski. 1979. Modes of vibration of spheroids at the first and second resonant frequencies. Trans. of the ASAE : 1463-1466
- 9) Stephenson, K. O., C. A. Rotz and M. Singh. 1979. Selective sorting resonance techniques. Trans. of the ASAE : 279-282.
- 10) 西津貴久, 池田善郎. 1995. 農産物の音響的體積測定法(第1報)-ヘルムホルツ共鳴による體積測定法の推定精度-. 日農機誌 57 :47-54.